

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
DI DAS KALISARI MENGGUNAKAN REMOTE SENSING**

Oleh :

DIMAS AGUNG WICAKSONO

145040201111138



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2018**

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
DI DAS KALISARI MENGGUNAKAN REMOTE SENSING**

Oleh

DIMAS AGUNG WICAKSONO

145040201111138

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2018



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil dari penelitian saya sendiri, yang dibimbing oleh dosen pembimbing skripsi. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan orang lain, kecuali yang jelas ditunjukkan rujukan dalam skripsi ini dan yang telah disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2018



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS
Kalisari Menggunakan Remote Sensing

Nama Mahasiswa : Dimas Agung Wicaksono

NIM : 145040201111138

Jurusan : Manajemen Sumberdaya Lahan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui
Pembimbing Utama,

Disetujui
Pembimbing Kedua,

Cahyo Prayogo, SP.,MP., Ph.D

NIP. 197301031998021002

Aditya Nugraha Putra , SP.,MP.

NIP. 2016098912271001

Diketahui,
Ketua Jurusan

Prof.Dr.Ir. Zaenal Kusuma, S.U.

NIP. 195405011981031006

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma SU
NIP. 195405011981031006

Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D
NIP. 19730103 199802 1 002

Penguji III,

Penguji IV,

Aditya Nugraha Putra , SP.,MP.
NIP. 2016098912271001

Rika Ratna Sari SP.,MP.
NIK. 20160988013020001

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

DIMAS AGUNG WICAKSONO. 145040201111138. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Kalisari Menggunakan Remote Sensing. Di bawah bimbingan Cahyo Prayogo sebagai Pembimbing Utama dan Aditya Nugraha Putra sebagai Pembimbing Kedua

Dari waktu ke waktu, perkembangan industri dan kebutuhan manusia mengalami peningkatan, yang mengakibatkan kenaikan jumlah hilangnya tutupan hutan di Indonesia. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi sejalan dengan semakin meningkatnya pertambahan jumlah penduduk yang secara langsung berdampak pada kebutuhan terhadap lahan yang semakin meningkat. Perubahan penggunaan lahan di DAS Kalisari (UB Forest) diduga di pengaruhi oleh jumlah penduduk yang semakin meningkat. Monitoring terkait penggunaan lahan telah mengalami perkembangan, salah satunya menggunakan teknologi penginderaan jauh atau Remote Sensing. Remote Sensing merupakan teknologi untuk mengukur atau mendapatkan informasi tentang suatu objek/fitur/benda yang berada di permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan objek yang diukur.

Kegiatan penelitian ini menggunakan metode multi-temporal, yaitu dengan mendeteksi perubahan penggunaan lahan dengan penginderaan jauh dalam beberapa waktu yang berbeda. Klasifikasi menggunakan Supervised “Maximum likelihood” atau klasifikasi terbimbing, dan untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan menggunakan metode “Thematic changes” yaitu merupakan metode untuk menilai pasca-klasifikasi dinamika perubahan penggunaan lahan berdasarkan statistik perubahan yang terjadi. Aplikasi ini mengukur dinamika transisi dari kelas tutupan lahan ke kelas lain di batas tertentu dengan menggabungkan 2 peta yang telah diklasifikasi dalam rentan waktu yang berbeda sehingga daerah yang berubah di visualisasikan dengan warna lain sedangkan yang tidak berubah berwarna putih.

Hasil identifikasi perubahan penggunaan lahan di UB *Forest*, DAS Kalisari berdasarkan citra landsat pada tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 dengan menggunakan tools combine terbentuk 20 kelas perubahan penggunaan lahan dari 5 kelas utama. Sedangkan warna putih menunjukkan tidak adanya perubahan penggunaan lahan.

Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh, pada daerah UB *Forest*, DAS Kalisari telah mengalami perubahan penggunaan lahan selama kurun waktu 23 tahun (1994 - 2017). Jika diamati pada tiap penggunaan lahan banyak mengalami fluktuasi kenaikan dan penurunan yang cukup tinggi. Hal tersebut dapat dilihat pada penggunaan lahan pemukiman pada tahun 1994 dengan luas 219 ha dan terus meningkat pada tahun 2017 menjadi 1118 ha, sehingga penggunaan lahan pemukiman dari tahun 1994 hingga tahun 2017 terjadi peningkatan sebesar 511%.

SUMMARY

DIMAS AGUNG WICAKSONO. 145040201111138. Analysis of Landuse Changes on Kalisari Watershed Using Remote Sensing. Under the guidance of Cahyo Prayogo as the Main Advisor and Aditya Nugraha Putra as the Second Supervisor

From time to time, the development of industry and human needs has increased, which has resulted in an increase in the amount of forest cover loss in Indonesia. Changes in land use that occur are in line with the increasing number of population which directly impacts the increasing demand for land. The change in land use in the Kalisari watershed (UB Forest) is thought to be influenced by the increasing population. Monitoring related to land use has undergone development, one of which uses remote sensing technology. Remote Sensing is a technology to measure or obtain information about an object / feature / object that is on the surface of the earth without direct contact with the object being measured.

This research activity uses a multi-temporal method, namely by detecting changes in land use with remote sensing in several different times. The classification uses Supervised "Maximum likelihood" or guided classification, and to detect changes in land use using the "Thematic changes" method, which is a method for assessing post-classification of dynamics of land use change based on statistical changes that occur. This application measures the dynamics of the transition from land cover class to another class at a certain limit by combining 2 maps that have been classified in different vulnerable times so that the changing area is visualized with other colors while the unchanged is white.

The results of identification of land use changes in UB Forest, Kalisari watershed based on Landsat images in 1994, 2001, 2009 and 2017 using tools combine formed 20 land use change classes from 5 main classes. While white shows no change in land use.

Based on the observations obtained, in the UB Forest area, the Kalisari watershed has undergone changes in land use for a period of 23 years (1994 - 2017). If observed in each land use there are many fluctuations in the increase and decrease which is quite high. This can be seen in residential land use in 1994 with an area of 219 ha and continued to increase in 2017 to 1118 ha, so that residential land use from 1994 to 2017 increased by 511%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Kalisari Menggunakan Remote Sensing”.

Pada kesempatan ini pula, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Cahyo Prayogo, SP.,MP., Ph.D selaku dosen pembimbing utama dan Aditya Nugraha Putra , SP.,MP. Selaku dosen pembimbing kedua karena atas segala kesabaran, nasehat, arahan, dan bimbingannya yang telah diberikan kepada penulis selama pembuatan skripsi. Beserta seluruh dosen dan pihak akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, fasilitas, dan berbagai bentuk bantuan selama pelaksanaan penelitian dan pembuatan skripsi.

Terutama kepada kedua orang tua serta adik penulis, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih atas doa, cinta, kasih sayang, dan dukungan baik material atau non material yang telah diberikan. Serta kepada rekan-rekan Jurusan Tanah dan mahasiswa pertanian Universitas Brawijaya angkatan 2014, terima kasih penulis ucapkan atas segala hal bantuan dan dukungan selama ini.

Semoga dengan adanya penelitian ini mampu memberikan manfaat bagi pembaca dan mampu memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama di bidang pertanian. Adapun penulis menyadari bahwa dalam penulisan proposal skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca.

Malang, Desember 2018

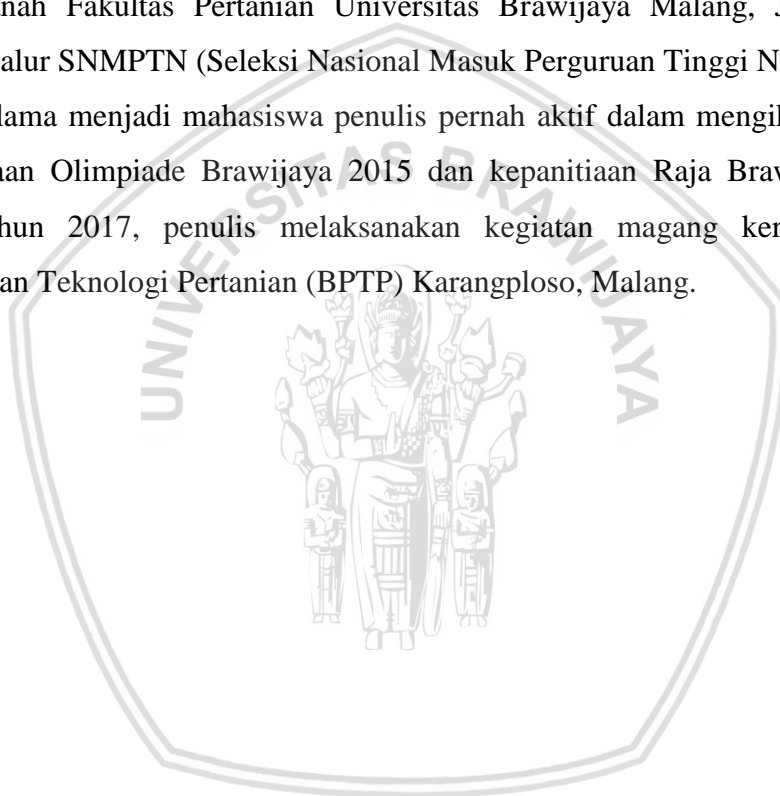
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 19 April 1996 sebagai putra pertama dari kedua bersaudara dari Bapak Kunto dan Ibu Arie.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Kemiri pada tahun 2002 sampai dengan 2008, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 6 Sidoarjo pada tahun 2008 dan selesai pada tahun 2011. Pada tahun 2011 sampai dengan 2014 penulis melanjutkan sekolah di SMKN 2 Buduran. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam mengikuti kegiatan kepanitiaan Olimpiade Brawijaya 2015 dan kepanitiaan Raja Brawijaya 2016. Pada tahun 2017, penulis melaksanakan kegiatan magang kerja di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Karangploso, Malang.



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
GLOSARIUM	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Hipotesis Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penggunaan Lahan	4
2.2 Perubahan Penggunaan Lahan	4
2.3 Penginderaan Jauh	5
2.4 Citra Satelit Landsat	5
2.5 Klasifikasi Lahan	6
2.6 Deteksi Perubahan Penggunaan Lahan	7
III. BAHAN DAN METODE	9
3.1 Tempat dan Waktu	9
3.2 Alat dan Bahan	10
3.2.1 Alat	10
3.2.2 Bahan	11
3.3 Rancangan Penelitian	12
3.4 Tahap Analisis	14
3.5 Pelaksanaan Penelitian	14
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Penggunaan Lahan	24
4.1.1 Penggunaan Lahan Tahun 1994	24

4.1.2 Penggunaan Lahan Tahun 2001	25
4.1.3 Penggunaan Lahan Tahun 2009	26
4.1.4 Penggunaan Lahan Tahun 2017	27
4.2 Perubahan Penggunaan Lahan	29
V. PENUTUP.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	38



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
Tabel 1.	Rincian Citra Landsat yang digunakan	11
Tabel 2.	Warna Kelas Penggunaan Lahan Pada Komposit false color.	17
Tabel 3.	Contoh titik koordinat GCP yang digunakan	21
Tabel 4.	Hasil Perhitungan Akurasi Citra	22
Tabel 5.	Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 1994	24
Tabel 6.	Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 2001	25
Tabel 7.	Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 2009	26
Tabel 8.	Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 2017	28
Tabel 9.	Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017	31
Tabel 10.	Jumlah Penduduk Kota Malang	32



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
Gambar 1.	Thematic changes di Tanguar Haor, Bangladesh (1980-2010).....	8
Gambar 2.	Lokasi Penelitian	9
Gambar 3.	Diagram Alur Kerja Penelitian.....	13
Gambar 4.	Peta Penggunaan Lahan Tahun 1994	24
Gambar 5.	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2001	26
Gambar 6.	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2009	27
Gambar 7.	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2017	28
Gambar 8.	Peta Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kalisari 1994-2001.....	29
Gambar 9.	Peta Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kalisari 2001-2009.....	30
Gambar 10.	Peta Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kalisari 2009-2017.....	30



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
Gambar 1.	Titik Koordinat Uji Akurasi di DAS Kalisari	32



GLOSARIUM

<i>Accuracy Assessment</i>	Uji akurasi
<i>Band Composite</i>	Penggabungan kombinasi warna RGB pada citra.
<i>Clipping area</i>	Membatasi atau memotong area kerja yang akan diolah yang bertujuan untuk membuat proses pengolahan data menjadi ringan.
<i>Maximum Likelihood</i>	Metode klasifikasi maksimum untuk menetapkan setiap piksel dalam raster input ke kelas yang memiliki kemungkinan piksel yang tinggi.
Piksel	Unsur gambar atau representasi sebuah titik terkecil dalam sebuah gambar grafis yang berasal dari akronim bahasa Inggris Picture Element.
<i>Supervised Classification</i>	Klasifikasi secara terbimbing
<i>Thematic Change Dynamic</i>	Metode untuk menilai pasca-klasifikasi dinamika perubahan penggunaan lahan berdasarkan statistik perubahan yang terjadi.
<i>Training area</i>	Area kerja
<i>Unsupervised Classification</i>	Klasifikasi tidak terbimbing atau klasifikasi secara otomatis yang ditentukan oleh komputer.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dari waktu ke waktu, perkembangan industri dan kebutuhan manusia mengalami peningkatan, yang mengakibatkan hilangnya tutupan hutan di Indonesia. Penelitian FAO tahun 1990 menunjukkan bahwa tutupan hutan di negeri ini telah berkurang dari 74% menjadi 56% dalam jangka waktu 30-40 tahun, FAO mencatat peningkatan dalam estimasi deforestasi setiap tahun: pada tahun 1970-an 300.000 ha/tahun; pada tahun 1981, berkisar 600.000 ha/tahun; pada tahun 1990 sekitar 1.000.000 ha/tahun. (FAO, 1990).

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi sejalan dengan semakin meningkatnya pertambahan jumlah penduduk yang secara langsung berdampak pada kebutuhan terhadap lahan yang semakin meningkat. Pertumbuhan penduduk umumnya selalu disalahkan atas terjadinya perubahan penggunaan luas lahan dan degradasi lingkungan sekitar (Cleaver & Schrieber 1994 ; Ramankutty et al. 2001). Maka dari itu untuk memahami tentang perubahan penggunaan lahan membutuhkan pemahaman orang dan situasi sosial mereka; prioritas mereka; strategi penghidupan; pandangan tentang lahan; dan implikasi yang lebih luas dari sosial, budaya, biofisik, dan kelembagaan faktor kunci pengetahuan di masyarakat memberikan informasi tentang masa lalu, sekarang, dan diharapkan perubahan penggunaan lahan di masa depan (Sandewall et al. 2001). Oleh karena itu, perlu untuk melampaui studi tren disiplin dan memeriksa metode untuk mengintegrasikan perubahan penggunaan lahan dan penelitian sosial. Perubahan penggunaan lahan di DAS Kalisari (UB *Forest*) diduga di pengaruhi oleh jumlah penduduk yang semakin meningkat. Penggunaan lahan kawasan hutan yang dialih fungsikan oleh masyarakat menjadi lahan pemukiman, pertanian dan perkebunan (Senoaji, 2007 dalam Senoaji 2010) sehingga mempengaruhi sistem ekologi setempat diantaranya pencemaran air, polusi udara, perubahan iklim lokal (Hu, *et al.* 2008; Mahmood, *et al.* 2009), berkurangnya keanekaragaman hayati (Sandin, 2009), dalam (Syakur *et al.*, 2010).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Haque dan Basak (2017) di Tanguar Haor, Bangladesh digunakan metode *thematic changes* untuk mengetahui

perubahan penggunaan lahan yang terjadi disana. Perubahan penggunaan lahan tersebut didapatkan dengan cara membandingkan data spasial dalam tempo waktu tertentu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Haque dan Basak, perubahan penggunaan lahan yang diteliti dalam tempo waktu 1980-2010 menggunakan citra landsat 3,4,5 dan 7.

Monitoring terkait penggunaan lahan telah mengalami perkembangan, salah satunya menggunakan teknologi penginderaan jauh atau RS (*Remote Sensing*). *Remote Sening* merupakan teknologi untuk mengukur atau mendapatkan informasi tentang suatu objek/fitur/benda yang berada di permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan objek yang diukur.

UB Forest merupakan hutan pendidikan dan pelatihan milik Universitas Brawijaya dengan luas 554 ha yang berada di lereng Gunung Arjuno, kawasan DAS Kalisari yang digunakan sebagai sarana penelitian tentang penggunaan lahan dari rangkaian penelitian sebelumnya untuk membandingkan UB Forest lebih baik daripada hutan yang diluar area UB Forest yaitu kawasan DAS Kalisari. Oleh karena perlu diadakannya monitoring untuk mengetahui adakah terjadi perubahan lahan disana dengan menggunakan bantuan GIS (*Geographic Information System*) dan RS (*Remote Sensing*).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola perubahan penggunaan lahan di UB *Forest*, DAS Kalisari selama 1994, 2001, 2009 dan 2017 menggunakan penginderaan jarak jauh (*Remote Sensing*)?
2. Seberapa besar akurasi penginderaan jauh dengan kondisi aktual yang ada di UB *Forest*, DAS Kalisari?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengkaji luas lahan di UB *Forest*, DAS Kalisari pada tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 menggunakan bantuan penginderaan jarak jauh (*Remote Sensing*).
2. Mengetahui perubahan penggunaan lahan yang terjadi di UB *Forest*, DAS Kalisari

1.4 Hipotesis Penelitian

1. Terjadi perubahan penggunaan lahan di UB *Forest*, DAS Kalisari dari tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017.
2. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di UB *Forest*, DAS Kalisari dari penggunaan lahan hutan menjadi pemukiman, sawah, tegalan dan lahan kosong.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Lahan

Lahan adalah suatu daerah permukaan daratan bumi yang ciri-cirinya mencakup segala tanda pengenal, baik yang bersifat cukup mantap maupun yang dapat diramalkan bersifat mendaur, dari biosfer, atmosfer, tanah, geologi, hidrologi dan populasi tumbuhan dan hewan, serta hasil kegiatan manusia pada masa lampau dan masa kini, sejauh tanda-tanda pengenal tersebut memberikan pengaruh murad (bentukan) atas penggunaan lahan oleh manusia pada masa kini dan masa mendatang (FAO, 1976 dalam Notohadiprawiro, 1991).

Penggunaan/pemanfaatan lahan merupakan suatu percampuran yang komplek dari berbagai karakteristik kepemilikan, lingkungan fisik, struktur dan penggunaan ruang (Kaiser, *et al.*; 1995). Pola pemanfaatan lahan/tanah adalah pengaturan berbagai kegiatan. Kegiatan sosial dan kegiatan untuk menunjang keberlanjutan hidup yang membutuhkan jumlah, jenis dan lokasi. Menurut Kazaz dan Charles (2001) dalam Munibah (2008) perubahan penggunaan lahan adalah perubahan penggunaan atau aktivitas terhadap suatu lahan yang berbeda dari aktivitas sebelumnya.

Hutan adalah asosiasi tumbuhan dimana pohon-pohon atau tumbuhan berkayu lainnya secara predominan menempati wilayah yang luas dan keadaannya cukup rapat sedemikian sehingga mampu menciptakan iklim yang berbeda dengan di luarnya (Dengler, 1930; dalam Suginingsih, 2008). Hutan juga mempunyai manfaat langsung dan tidak langsung yang telah dikenal secara luas. Manfaat langsung hutan adalah penghasil kayu dan non-kayu, sedangkan manfaat tidak langsung adalah sebagai pengatur iklim mikro, pengatur tata air dan kesuburan tanah, serta sumber plasma nutfah yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini dan di masa yang akan datang. Kawasan lahan hutan di Indonesia sangat bervariasi, menurut REPELITA VI, 1994/95- 1998/99 menyebutkan bahwa ada 92,4 juta ha lahan hutan pada tahun 1993 (RI 1994:312).

2.2 Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan adalah bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan

berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Martin, 1993 dalam Wahyunto, 2001).

Sedangkan deforestasi menurut Nawir, A.A., dkk. (2008), bahwa hilangnya tutupan hutan secara permanen ataupun sementara merupakan deforestasi. Secara sederhana, deforestasi adalah istilah untuk menyebutkan perubahan tutupan suatu wilayah dari berhutan menjadi tidak berhutan, artinya dari suatu wilayah yang sebelumnya berpenutupan tajuk berupa hutan (vegetasi pohon dengan kerapatan tertentu) menjadi bukan hutan (bukan vegetasi pohon atau bahkan tidak bervegetasi).

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*Remote Sensing*) merupakan pengamatan suatu obyek menggunakan sebuah alat dari jarak jauh (Campbell, 2011). Penginderaan jauh merupakan suatu metode pengamatan yang dilakukan tanpa menyentuh obyeknya secara langsung. Penginderaan jauh adalah pengkajian atas informasi mengenai daratan dan permukaan air bumi dengan menggunakan citra yang diperoleh dari sudut pandang atas (*overhead perspective*), menggunakan radiasi elektromagnetik dalam satu beberapa bagian dari spektrum elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Campbell, 2011).

Teknologi penginderaan jauh mampu menghasilkan informasi mengenai perubahan penggunaan lahan berdasarkan reflektansi (pantulan) gelombang elektromagnetik yang dihasilkan, sehingga dapat mempelajari perubahan lahan dalam waktu yang singkat, lahan yang luas, biaya yang rendah dan akurasi yang lebih tepat. Penginderaan jauh banyak dimanfaatkan untuk memperbarui peta penggunaan lahan dan pemetaan penggunaan lahan telah menjadi sebuah aplikasi yang terus dikembangkan dengan penginderaan jauh (Rawat dan Kumar, 2015).

2.4 Citra Satelit Landsat

Program Landsat dimulai pada tahun 1972 yang merupakan salah satu program andalan observasi bumi NASA. Program Landsat terus berlanjut dengan diluncurkannya Landsat 8 pada tanggal 13 Februari 2013. Landsat 8 memiliki 11

saluran dengan panjanggelombang tertentu. Satelit Landsat dirancang untuk keperluan berbagai bidang seperti kehutanan,pertanian, geologi, perencanaan penggunaan lahan,dan lain-lain. Citra Landsat memiliki resolusi spasial 30 x 30 m dan salah satu kelebihanannya adalah jadwal berkala akuisisi setiap tempat di bumi setiap 16 hari, data arsip jangka panjang, dan relatif kaya denganinformasi spektral.

Bands	Wavelength (micrometers)		
	Landsat 8 (OLI)	Landsat 7 (ETM)	Landsat 5 (TM)
Band 1 – Blue	0.435 - 0.451	0.45-0.52	0.45-0.52
Band 2 – Green	0.452 - 0.512	0.52-0.60	0.52-0.60
Band 3 – Red	0.533 - 0.590	0.63-0.69	0.63-0.69
Band 4 - Near Infrared (NIR)	0.636 - 0.673	0.77-0.90	0.76-0.90
Band 5 - Shortwave Infrared (SWIR) 1	0.851 - 0.879	1.55-1.75	1.55-1.75
Band 6 – Thermal	1.566 - 1.651	10.40-12.50	10.40-12.50
Band 7 - Shortwave Infrared (SWIR) 2	2.107 - 2.294	2.09-2.35	2.08-2.35
Band 8 - Panchromatic	0.503 - 0.676	0.52-0.90	
Band 9 – Cirrus	1.363 - 1.384		
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19		
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51		

2.5 Klasifikasi Lahan

Untuk menghasilkan penggunaan lahan dan tutupan lahan yang mencakup informasi pada skala yang berbeda, teknik klasifikasi citra penginderaan jauh telah dikembangkan sejak tahun 1980-an. Selama tahun 1980-an dan 1990-an, sebagian besar teknik klasifikasi menggunakan piksel citra sebagai unit dasar analisis, yang masing-masing piksel dilabeli sebagai kelas tutupan lahan penggunaan lahan tunggal. Tujuan utama dari prosedur klasifikasi citra adalah mengkategorikan secara otomatis semua piksel di citra ke dalam kelas tutupan lahan (Lillesand dan Kiefer, 1997).

Li dkk. (2014) membagi algoritma klasifikasi berbasis piksel berdasarkan dua kelompok yaitu klasifikasi tak terbimbing dan klasifikasi terbimbing.Terdapat

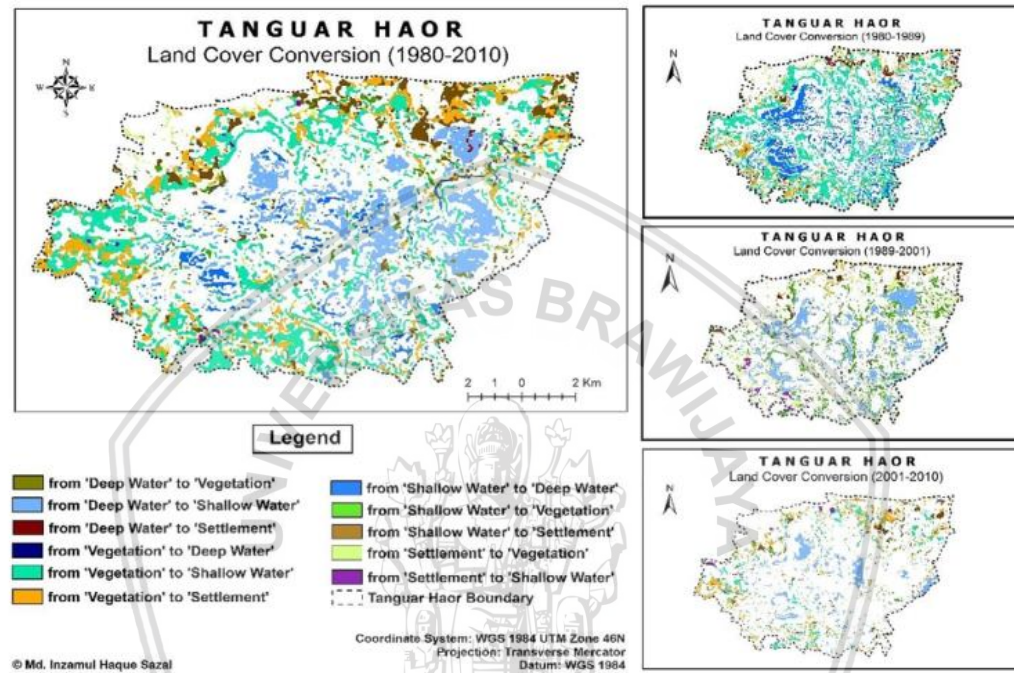
berbagai macam algoritma klasifikasi terbimbing seperti minimum distance, parallelepiped, maximum likelihood, mahalanobis distance, dan lain-lain. Klasifikasi maximum likelihood merupakan metode klasifikasi yang paling ampuh bila dilengkapi training data yang akurat dan salah satu algoritma yang paling banyak digunakan (Perumal dan Bhaskaran, 2010). Namun, permasalahan yang ada pada klasifikasi berbasis piksel yaitu pengklasifikasi tradisional per-piksel dapat menyebabkan efek 'saltand paper' pada peta klasifikasi terutama ketika banyak terjadi bercampurnya piksel pada citra. Umumnya lingkungan lanskap yang kompleks akan meningkatkan kemungkinan piksel bercampur pada citra (Mustapha dkk., 2010).

2.6 Deteksi Perubahan Penggunaan Lahan

Untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan metode *thematic change dynamic* yaitu merupakan metode untuk menilai pasca-klasifikasi dinamika perubahan penggunaan lahan berdasarkan statistik perubahan yang terjadi. Aplikasi ini mengukur dinamika transisi dari kelas tutupan lahan ke kelas lain di batas tertentu dengan menggabungkan 2 peta yang telah diklasifikasi dalam rentan waktu yang berbeda sehingga daerah yang berubah di visualisasikan dengan warna lain sedangkan yang tidak berubah berwarna putih (Haque dan Basak, 2017).

Alur kerja *thematic changes* membantu memvisualisasikan dinamika khas dari perubahan tutupan lahan dalam periode waktu yang berbeda. Sebagai fungsi dasar, matriks probabilitas ditandai dengan "dari lahan – menjadi lahan" pada keadaan masa lalu dan sekarang dari tutupan lahan yang berbeda. Analisis ini juga mempertimbangkan khas matriks masing-masing jenis tutupan lahan dengan mempertimbangkan perubahan dinamika. Integrasi semua teknik yang disebutkan di atas membantu untuk memahami besarnya, keadaan, arah, dan dinamika perubahan tutupan lahan di beberapa kemungkinan prospek. Tetapi ada beberapa masalah dengan teknik deteksi perubahan klasifikasi pra dan pasca. Sebagian besar teknik pra-klasifikasi mengidentifikasi hasil perubahan hanya mempertimbangkan perubahan atau variasi dalam nilai reflektansi tanpa mengklasifikasikan tutupan lahan. Operator harus teliti, berpengalaman, dan

identik untuk membenarkan dan menandakan perubahan. Di sisi lain, analisis pasca klasifikasi cukup fleksibel untuk menangani dan mudah untuk mengukur statistik perubahan kelas. Tetapi akurasi adalah perhatian utama dalam kasus ini, karena kesalahan dalam skema klasifikasi dapat menyebabkan kesalahan numerik (Haque dan Basak, 2017).

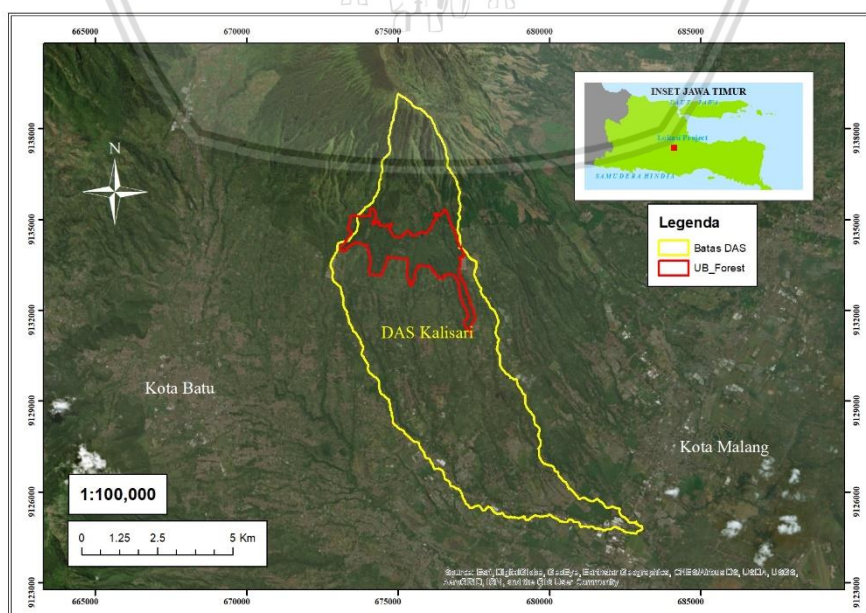


Gambar 1. Thematic changes di Tanguar Haor, Bangladesh (1980-2010)

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni hingga September 2018 berlokasi di UB *Forest* yang termasuk pada kawasan DAS Kalisari dengan luas sekitar 5145 ha dan UB *Forest* dengan luas 554 ha yang berada kurang lebih 1200 mdpl di lereng gunung Arjuna. Alasan penelitian dilakukan di daerah UB *Forest* yaitu untuk mengetahui tingkat kesuburan yang merupakan penelitian berantai dari penelitian sebelumnya untuk membandingkan UB *Forest* lebih baik daripada hutan yang diluar area UB *Forest* yaitu kawasan DAS Kalisari. Di sebelah utara berbatasan dengan Desa Genitri, di sebelah barat berbatasan dengan Desa Karang Kebang, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Kubung dan di sebelah timur berbatasan dengan Desa Donowarih kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur. UB *Forest* secara geografis terletak pada koordinat $7^{\circ}49'28.8''$ L.S dan $112^{\circ}34'42.0''$ B.T dengan penggunaan lahan yang dominan DAS Kalisari adalah tegalan, pemukiman, perkebunan, sawah dan daerah industri. Analisis spasial dan pemetaan dilaksanakan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan (PSISDL), Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian ini sebagai berikut :

1. Personal Computer (PC)

Perangkat komputer yang digunakan untuk menunjang penelitian adalah HP Pavilion 20fi.

2. PCI Geomatica 2015

Merupakan perangkat lunak desktop untuk melakukan penginderaan jarak jauh, fotogrametri digital, analisis geospasial, produksi peta, klasifikasi lahan, mosaik dan banyak lagi. Perangkat lunak PCI ini digunakan untuk melakukan metode thematic change, yang merupakan fitur khusus yang ada di PCI.

3. ENVI 5.3

ENVI (The Environment For Visualizing Images) merupakan suatu sistem pengolahan citra digital penginderaan jauh yang dibuat oleh Research System, Inc (RSI). Salah satu fitur ENVI yang digunakan untuk mengkoreksi citra landsat yang rusak dengan landsat gapfill.

4. ArcGIS 10.3

ArcGIS adalah salah satu software yang dikembangkan oleh ESRI (Environment Science & Research Institute) yang berfokus ke penggunaan data yang komprehensif, pemetaan dan analisis perubahan penggunaan lahan serta geoprocessing.

5. Google Earth

Merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Google yang menyediakan citra resolusi tinggi dan tersedia dalam beberapa tahun akhir. Pemanfaatan Google Earth yang digunakan untuk memvalidasi penggunaan lahan dan interpretasi penggunaan lahan.

3.2.2 Bahan

Data acuan untuk tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 yang dikumpulkan melalui interpretasi visual gambar Landsat yang paling baik kualitasnya dari tahun-tahun sedangkan pengambilan data acuan yang berjarak 1-3 tahun tidak banyak terjadi perubahan sehingga diambil jarak antara 7 hingga 8 tahun. Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Rincian Citra Landsat yang digunakan

Peta	ID	Kode	Tahun
Citra Landsat 5 TM	LT05_L1TP	Path/Row : 118/65	1994
Citra Landsat 7 ETM	LE07_L1TP	Path/Row : 118/65	2001
Citra Landsat 7 ETM	LE07_L1TP	Path/Row : 118/65	2009
Citra Landsat 8 OLI	LC08_L1TP	Path/Row : 118/65	2017

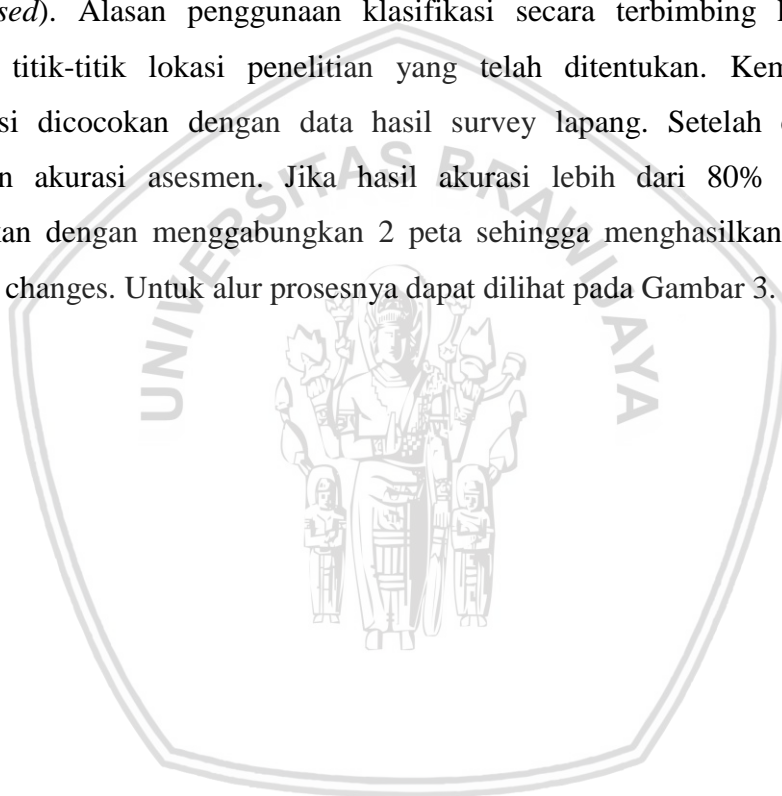
Citra landsat tahun 1994 menggunakan citra landsat 5 dengan lokasi *path* 118 dan *row* 65, landsat 5 memiliki sensor TM dengan resolusi spasial 30 m. Landsat tahun 2001 menggunakan citra landsat 7 dengan lokasi *path* 118 dan *row* 65, landsat 7 memiliki sensor ETM dengan resolusi spasial 30 m. Landsat tahun 2009 menggunakan citra landsat 7 dengan lokasi *path* 118 dan *row* 65, landsat 7 memiliki sensor ETM dengan resolusi spasial 30 m. Sedangkan pada landsat tahun 2017 sudah menggunakan citra landsat 8 dengan lokasi *path* 118 dan *row* 65, landsat 8 memiliki sensor OLI dengan resolusi spasial 30 m. Landsat tersebut diunduh melalui situs earthexplorer.usgs.gov yang merupakan website resmi *United State Geological Survey* (USGS).

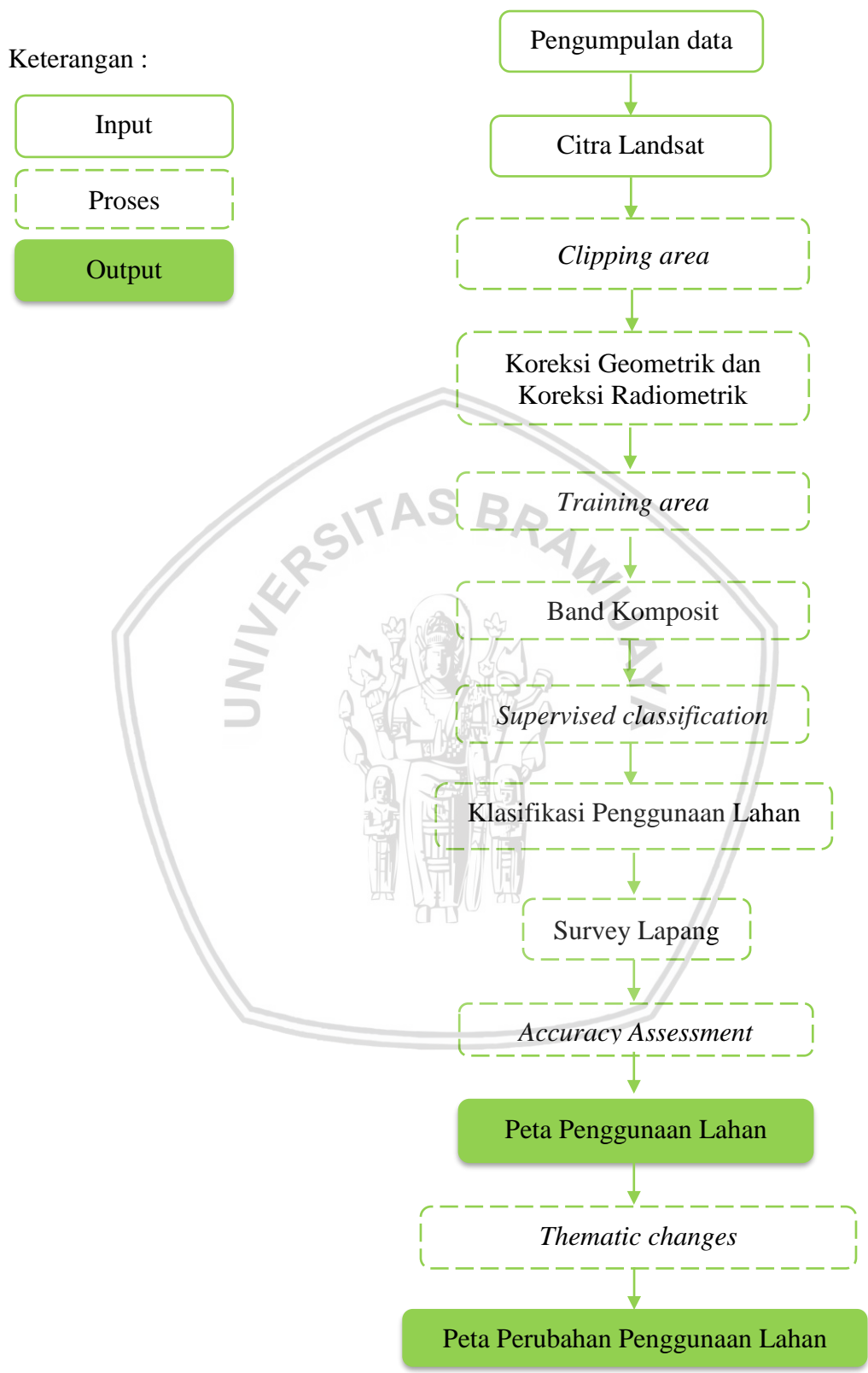
Perbedaan pada jenis landsat TM, ETM dan OLI yang digunakan adalah pada landsat *Thematic Mapper* (TM). Pada sistem sensor ini merekam data 7 band dari domain terlihat (*visible*) hingga *thermal inframerah* (LWIR). Instrumen ini mulai digunakan pada Landsat 4. Lalu *Enhanced Thematic Mapper* (ETM). ETM atau ETM+ pada Landsat 7 adalah sistem sensor yang merupakan perbaikan dari sistem TM dengan tambahan band pankromatik yang beresolusi 15 m x 15 m untuk mendapatkan resolusi spasial yang lebih tinggi. Sedangkan pada landsat *Operational Land Imager* (OLI) pada landsat 8 yang merupakan buatan Ball Aerospace. Sistem sensor ini memiliki 9 band dan terdapat 2 band yang baru

terdapat pada satelit Program Landsat yaitu *Deep Blue Coastal/Aerosol Band* (0.433 – 0.453 mikrometer) untuk deteksi wilayah pesisir serta *Shortwave-InfraRed Cirrus Band* (1.360 – 1.390 mikrometer) untuk deteksi awan cirrus.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data primer dan sekunder. Landsat tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 yang telah dikoreksi geometrik dan radiometrik. Setelah itu landsat dilakukan klasifikasi secara terbimbing (*Supervised*). Alasan penggunaan klasifikasi secara terbimbing karena telah terdapat titik-titik lokasi penelitian yang telah ditentukan. Kemudian hasil klasifikasi dicocokkan dengan data hasil survey lapang. Setelah cocok maka dilakukan akurasi asesmen. Jika hasil akurasi lebih dari 80% maka dapat dilanjutkan dengan menggabungkan 2 peta sehingga menghasilkan output peta thematic changes. Untuk alur prosesnya dapat dilihat pada Gambar 3.





Gambar 3. Diagram Alur Kerja Penelitian

3.4 Tahap Analisis

Kegiatan penelitian ini menggunakan metode pendekatan analisis statistik dan multi-temporal, yaitu dengan mendeteksi perubahan penggunaan lahan dengan penginderaan jauh dalam beberapa waktu yang berbeda. Klasifikasi menggunakan Supervised “*Maximum likelihood*”. Perubahan penggunaan lahan di wilayah DAS Kalisari, dapat diperoleh dengan cara analisa peta digital yakni melakukan *overlay* (tumpang susun) peta penggunaan lahan tahun 1994 dan peta penggunaan lahan 2001 atau biasa disebut dengan “*Thematic changes*”. Hasil *overlay* tersebut menghasilkan peta perubahan penggunaan lahan. Untuk memperoleh bentuk dan luas penggunaan lahan disana dengan cara mengklasifikasi bentuk penggunaan lahan yang sama yaitu bentuk penggunaan lahan permukiman, sawah, tegalan, hutan dan lahan kosong tahun 1994 dan tahun 2001 sehingga dapat dihitung luasan bentuk penggunaan lahan di DAS Kalisari untuk mengetahui bertambah atau berkurangnya luas bentuk penggunaan lahan tersebut lahan yang ada disana.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang dikumpulkan dan diolah sendiri oleh peneliti langsung dari subjek atau objek penelitian sedangkan data sekunder merupakan data didapatkan tidak secara langsung dari objek atau subjek penelitian.

1. Data Primer

- a. Pembuatan batas DAS

Batas DAS yang akan digunakan untuk mengetahui daerah kerja penelitian.

- b. Pengumpulan peta dasar

Peta dasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu peta RBI Lembar Jawa Timur.

- c. Pengumpulan data satelit

Analisis data perubahan penggunaan lahan menggunakan citra landsat dari tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 yang diunduh dari

earthexplorer.usgs.gov yaitu website resmi dari *United State Geological Survey* (USGS) dengan sensor TM, ETM dan OLI serta Citra Google Earth. Pengunduhan data satelit tersebut bersifat gratis, semua orang dapat mengunduhnya disitus resmi USGS.

2. Data Sekunder

Pengumpulan data yang mendukung penelitian seperti data kependudukan, data wilayah serta literatur yang berkaitan dengan penelitian perubahan penggunaan lahan.



3.5.2 Pengolahan Citra Landsat

Data Citra Landsat yang telah dipersiapkan sebelum kemudian dilakukan pengolahan sebagai berikut :

1. Koreksi Geometrik

Penginderaan jauh mengalami pergeseran, karena orbit satelit sangat tinggi dan medan pandangnya kecil, maka terjadi distorsi geometric. Kesalahan geometrik citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi yang diindera. Akibat dari kesalahan geometrik ini maka posisi piksel dari data satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya. Koreksi Geometrik bertujuan untuk memposisikan citra sesuai dengan koordinat sebenarnya.

2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik menggunakan metode Top of Atmosphere (ToA) dilakukan untuk menghilangkan kesalahan nilai digital number akibat adanya perbedaan sudut elevasi matahari ketika melakukan perekaman. Proses koreksi ToA Landsat beracuan pada formula yang dibuat oleh USGS yang mana mengubah digital number ke dalam nilai reflectance yang kemudian dilakukan koreksi sudut elevasi matahari.

3. Spatial Analyst

Spasial analis merupakan suatu teknik atau proses yang melibatkan sejumlah fungsi hitungan dan evaluasi logika matematis yang digunakan dalam pengolahan data SIG seperti *query*, *calculate*, *buffer*, *overlay* dan *clip*. Pada saat pengolahan data dilakukan *clip* yang bertujuan untuk membatasi *area of work* atau daerah penelitian yang akan diolah yang bertujuan untuk membuat proses pengolahan data menjadi ringan.

4. Training Area

Training Area merupakan teknik penggolongan penggunaan lahan pada citra satelit, berdasarkan keseragaman atau kemiripan antara nilai piksel citra lokasi sampel dengan lokasi lain. Sebelum melakukan klasifikasi perlu adanya penentuan area contoh untuk mengidentifikasi area yang mewakili setiap kelas

penutupan lahan yang diinginkan dan membangun suatu deskripsi numerik dari spektral tiap penutupan lahan tersebut (Lillesand dan Kiefer, 1997).



Penentuan dan pengambilan contoh dilakukan berdasarkan data yang didapatkan dari pemeriksaan lapangan kemudian dilakukan penentuan dan pemilihan lokasi-lokasi training area untuk pengambilan informasi statistik tipe-tipe tutupan lahan. Pengambilan informasi statistik dilakukan dengan cara mengambil contoh-contoh piksel dari setiap kelas tutupan lahan dan ditentukan lokasinya pada citra komposit.

5. Band Komposit



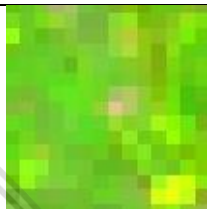
Band dalam citra satelit merupakan kanal atau saluran warna yang ditangkap oleh sensor. Tidak ada standar band dalam citra, karena setiap citra memiliki band sendiri. Jumlah band tiap citra juga tidak sama. Band berbasis warna dasar RGB (*Red, Green, Blue*), kita bisa mengkombinasikan saluran-saluran tersebut pada saluran warna dasar, yang nantinya akan menonjolkan informasi tertentu yang kita inginkan. Band Combination merupakan salah satu teknik penggabungan beberapa band dalam suatu citra multi untuk suatu tujuan tertentu. Kombinasi tersebut dapat memudahkan pengguna dalam melihat peta yang digunakan seperti warna natural, warna semu, warna vegetasi dan lain – lain.

Band komposit yang digunakan adalah warna semu (*false color*) RGB 654 untuk Landsat 8 OLI, RGB 543 untuk Landsat 7 ETM dan Landsat 5 TM. Berikut kelas penggunaan lahan dan gambar komposit citra yang nampak pada proses komposit band dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Warna Kelas Penggunaan Lahan Pada Komposit false color.

No	Kelas	Definisi dan Warna	Komposit Citra
1	Hutan	Kenampakan dari komposit citra ditunjukkan dengan warna hijau hingga hijau gelap yang memiliki tekstur kasar pada kenampakannya.	
2	Lahan Kosong	Kenampakan dari komposit citra ditunjukkan dengan warna ungu pucat dengan rona cerah dan memiliki tekstur agak halus.	

Lanjutan Tabel 2. Warna Kelas Penggunaan Lahan Pada Komposit false color.

3	Pemukiman	Kenampakan dari komposit citra ditunjukkan dengan warna merah, merah muda, merah tua hingga ungu dengan rona gelap dan sedikit pekat.	
4	Sawah	Kenampakan dari komposit citra ditunjukkan dengan warna biru hingga biru keunguan dengan rona agak gelap dan memiliki tekstur agak kasar.	
5	Tegalan	Penggunaan lahan pertanian lahan kering dicirikan dengan komposit citra berwarna hijau muda, hijau kekuningan hingga kuning dengan rona cerah hingga sangat cerah dan memiliki tekstur yang halus.	

6. Klasifikasi Citra

Kegiatan klasifikasi tutupan lahan pada citra satelit dapat dilakukan dengan metode klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*Unsupervised Classification*). Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analis (supervised), dimana kriteria pengelompokkan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (*class signature*) yang diperoleh melalui pembuatan area contoh (*training area*). Sedangkan, klasifikasi tidak terbimbing merupakan klasifikasi dengan pembentukan kelasnya sebagian besar dikerjakan oleh komputer. Kelas-kelas atau klaster yang terbentuk dalam klasifikasi ini sangat bergantung kepada data itu sendiri, yaitu dikelompokkannya piksel - piksel berdasarkan kesamaan atau kemiripan spektralnya (Riswanto 2009).

Pada penelitian ini, metode klasifikasi berbasis piksel yang digunakan adalah metode klasifikasi terbimbing (*Supervised*). Algoritma klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma *maximum likelihood* yang terdapat pada perangkat lunak ArcGIS 10.3. *Maximum likelihood* dipilih untuk klasifikasi tutupan lahan data landsat yang paling umum digunakan dalam klasifikasi data

remote sensing (Foody, 1992; Jia, 2014). *Maximum likelihood* mempertimbangkan faktor peluang dari satu piksel untuk dikelaskan ke dalam kelas atau kategori tertentu. Peluang ini sering disebut *prior probability*, dapat dihitung dengan menghitung persentase tutupan pada citra yang akan diklasifikasi. Jika peluang ini tidak diketahui maka besarnya peluang dinyatakan sama untuk semua kelas (satu per jumlah kelas yang dibuat). Aturan pengambilan keputusan ini disebut dengan Aturan Keputusan Bayes (*Bayesian Decision Rule*) (Jaya, 2010). Proses klasifikasi dilakukan dengan memilih bagian warna yang akan ditunjuk sebagai perwakilan warna dari kelas sebuah lahan yang telah ditetapkan, seperti contoh warna hijau digunakan untuk menentukan bahwa warna tersebut adalah warna pada landsat yang dikenali sebagai lahan hutan. Warna-warna tersebut bertujuan untuk menilai warna yang sama akan dimasukkan pada kelas yang telah ditentukan. Sehingga tidak melakukan pekerjaan mengulang-ulang klasifikasi.

Kelemahan dari metode *Supervised Classification* ini adalah sulit diaplikasikan untuk memisahkan sawah berdasarkan jenisnya seperti sawah irigasi, sawah tadah hujan dan sebagainya, sehingga objek tersebut biasanya masuk dalam region sawah. Sedangkan lahan sawah setelah masa panen akan tampak sebagai lahan terbuka karena tidak adanya vegetasi sawah. Keberagaman fungsi dari vegetasi tersebut belum mampu diekstraksi secara baik dari data landsat yang memiliki resolusi spasial 30 meter (Soenarmono, 2009).

7. Analisis Tingkat Akurasi Citra

Citra satelit dapat mengandung berbagai kesalahan dalam geometri dan radiometri atau yang biasa disebut dengan *cosmetic appearance*. Analisis akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan klasifikasi yang dibuat. Akurasi dianalisis menggunakan suatu matriks kontingensi yaitu suatu matriks bujur sangkar yang memuat jumlah piksel yang diklasifikasi.

Validasi dilakukan dengan menggunakan metode *ground check* atau survei lapang dan uji akurasi klasifikasi penggunaan lahan dilakukan secara statistik dengan menghitung akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) berdasarkan matriks

kesalahan (*confussion matrix*) dan akurasi *kappa*. Rumus perhitungan nilai akurasi *kappa* (Foody, 2002) adalah sebagai berikut :

$$K_{hat} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

Keterangan :

- x +I : Jumlah piksel hasil klasifikasi pada penggunaan lahan ke-i
- x i+ : Jumlah piksel referensi pada penggunaan lahan ke-i
- x ii : Jumlah piksel referensi pada penggunaan lahan ke-i yang sesuai dengan piksel klasifikasi penggunaan lahan ke-i
- N : Jumlah keseluruhan piksel referensi






Akurasi *kappa* termasuk kategori tinggi jika bernilai 0.81-1.00 (Landis dan Koch, 1977).

8. Ground Check

Ground check dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pada kondisi aktual pada daerah yang dijadikan penelitian untuk dijadikan sebuah referensi. *Ground check* dilakukan dengan menentukan titik koordinat suatu tempat dengan menggunakan bantuan alat GPS (*Global Positioning System*). Dalam menentukan banyaknya jumlah titik koordinat atau GCP (*Ground Control Points*) itu sendiri terdapat sebuah kriteria, dimana semakin variatif topografi suatu daerah yang akan dikoreksi maka akan semakin banyak jumlah GCP yang diperlukan. Dalam penelitian ini diambil GCP sebanyak 100 titik. Jumlah penentuan titik tersebut diambil berdasarkan perhitungan luasan daerah penelitian dengan skala yang dipakai sehingga mendapatkan hasil sebanyak 100 titik. Pengambilan data ground check dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian UB Forest dan bagian luar UB Forest (DAS Kalisari). Pada bagian UB Forest ground check dilakukan dengan penentuan titik pada daerah yang sama seperti penelitian sebelumnya, yaitu titik yang digunakan per penggunaan lahan yang berbeda, sedangkan pada daerah luar UB Forest, penentuan pengambilan titik dilakukan dengan menggunakan grid bebas dikarenakan daerah DAS Kalisari sangat luas dan topografi yang tidak

datar, maka diambil titik-titik yang dekat dengan jalan raya saja. Beberapa titik dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3. Contoh titik koordinat GCP yang digunakan

No	Koordinat X	Koordinat Y	Jenis Penggunaan Lahan	Dokumentasi
1	675741	9127827	Pemukiman	
2	675662	9128016	Tegalan	
3	674687	9131814	Hutan	
4	674329	9132985	Lahan Kosong	
5	681624	9125649	Sawah	

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa foto penggunaan lahan di daerah DAS Kalisari dalam kondisi aktual yang akan digunakan sebagai bahan

referensi penggunaan lahan dan titik koordinat x dan y yang didapat dengan menggunakan alat bantu GPS tersebut akan digunakan juga untuk memasukan titik pada ArcGIS, sehingga titik tersebut dapat digunakan sebagai GCP (*Ground Control Points*). Pada saat pengambilan gambar di daerah tersebut banyak sekali ditemui area – area yang hampir mirip akan tetapi setelah dilakukan pengecekan pada peta yang telah diklasifikasi bahwa ditemukan beberapa warna yang hampir sama pada beberapa jenis penggunaan lahan yang berbeda sehingga diperlukan ketelitian dalam melakukan klasifikasi agar tidak salah menandai jenis penggunaan lahan. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian tingkat akurasi citra pasca klasifikasi dengan metode matriks konfusi (*confusion matrix*).

9. Confusion Matrix

Hasil perhitungan data *confusion matrix* didapatkan dari fitur *Frequency* yang terdapat pada ArcGIS. Fitur tersebut merupakan sebuah metode membaca tabel dari sekumpulan bidang (*field*) dan membuat tabel baru yang berisi nilai bidang unik (*unique values*) dan kemunculan setiap nilai bidang unik dijumlahkan berdasarkan algoritma. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Akurasi Citra

Klasifikasi	Survei Lapang					Total
	H	LK	P	S	T	
H	20	3	0	3	0	26
LK	0	17	0	0	0	17
P	0	0	19	1	0	20
S	0	0	0	16	0	16
T	0	0	0	0	20	20
Total	20	20	20	20	20	100

Keterangan :

H : Hutan

LK : Lahan Kosong

P : Pemukiman

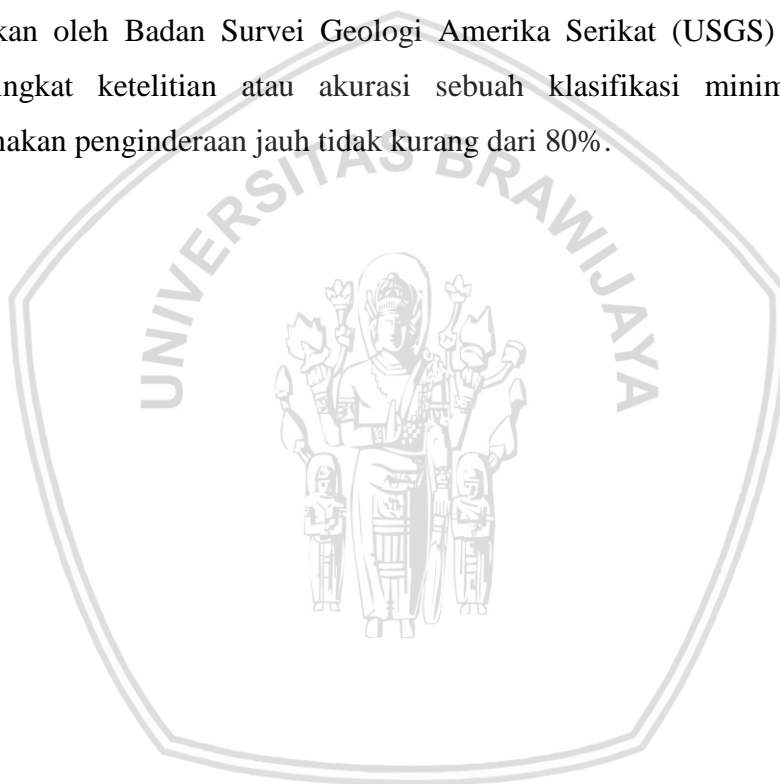
S : Sawah

T : Tegalan

Dari data pengecekan lapang dengan membanding hasil citra landsat yang telah diklasifikasi diperoleh titik yang teridentifikasi sebagai lahan hutan yaitu 20

dari 20 titik acuan. Lahan Kosong yang teridentifikasi yaitu 17 titik dari 20 titik. Pada lahan pemukiman yang teridentifikasi sebanyak 19 dari 20 titik. Lahan sawah yang teridentifikasi sebanyak 16 dari 20 titik acuan dan lahan tegalan yang teridentifikasi sebanyak 20 dari 20 titik.

Hasil perhitungan akurasi dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*Supervised*) menunjukkan bahwa overall accuracy sebesar 92% sedangkan *Kappa coefficient* didapatkan hasil sebesar 0.91. Kedua nilai tersebut dapat digolongkan cukup akurat. Hal ini sesuai dengan kesepakatan yang dikeluarkan oleh Badan Survei Geologi Amerika Serikat (USGS) yaitu syarat untuk tingkat ketelitian atau akurasi sebuah klasifikasi minimum dengan menggunakan penginderaan jauh tidak kurang dari 80%.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penggunaan Lahan

Dari hasil interpretasi citra satelit diperoleh 5 kelas tutupan atau penggunaan lahan yang ditemui di wilayah penelitian, meliputi : 1.Hutan; 2.Lahan Kosong; 3.Pemukiman; 4.Sawah; 5.Tegalan. Maka diperoleh hasil interpretasi citra pada tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 sebagai berikut :

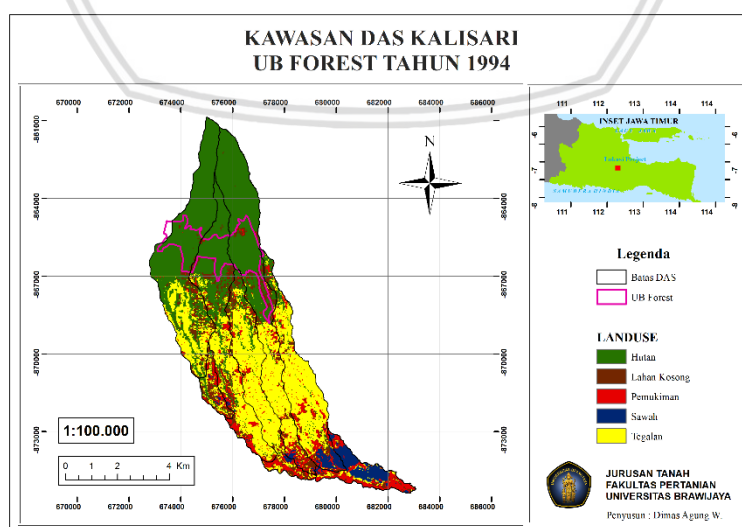
4.1.1 Penggunaan Lahan Tahun 1994

Hasil dari interpretasi citra landsat tahun 1994 di daerah UB *Forest*, DAS Kalisari didapatkan data mengenai luasan dari masing – masing kelas penggunaan lahan disajikan pada Tabel 5. Berikut ini :

Tabel 5. Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 1994

No	Jenis Penggunaan Lahan	UB Forest	DAS Kalisari	Total Luas (ha)	Persentase (%)
1	Hutan	430	1137	1567	30%
2	Lahan Kosong	112	485	597	12%
3	Pemukiman	3	312	315	4%
4	Sawah	0	152	152	3%
5	Tegalan	10	2600	2610	51%
Total				5145	100%

Sedangkan peta sebaran penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan Tahun 1994

Pada peta tersebut warna hijau menunjukkan lahan hutan, warna coklat menunjukkan lahan kosong, warna merah menunjukkan lahan pemukiman, warna biru menunjukkan lahan sawah dan warna kuning menunjukkan lahan tegalan. Berdasarkan peta penggunaan lahan di dapatkan hasil dari luas lahan tahun 1994, total area terluas adalah hutan yaitu sebesar 30% yang memiliki luas area mencapai 1567 ha. Luas lahan yang kedua adalah lahan kosong sebesar 12% yang memiliki luas area mencapai 597 ha. Sedangkan penggunaan lahan pemukiman berada pada 4% yang memiliki luas area 219 ha. Luas lahan sawah sebesar 3% yang memiliki luas area mencapai 152 ha dan luas area tegalan sebesar 51% yang memiliki luas area mencapai 2610 ha.

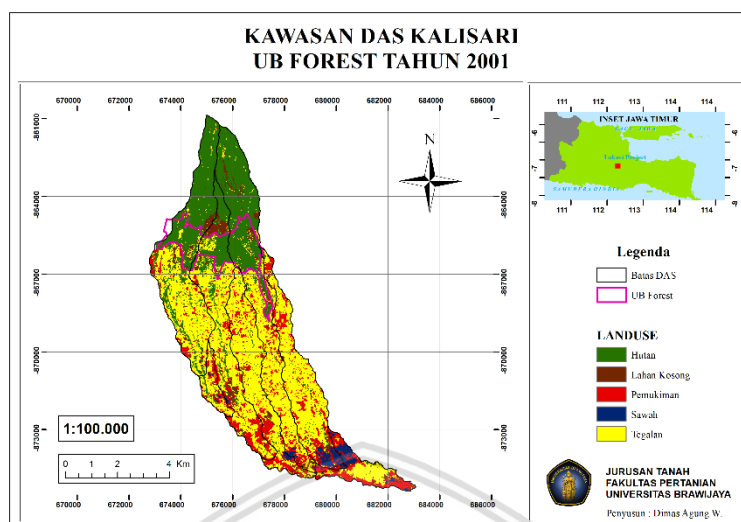
4.1.2 Penggunaan Lahan Tahun 2001

Hasil dari interpretasi citra landsat tahun 2001 di daerah UB *Forest*, DAS Kalisari didapatkan data mengenai luasan dari masing – masing kelas penggunaan lahan disajikan pada Tabel 6. Berikut ini :

Tabel 6. Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 2001

No	Jenis Penggunaan Lahan	UB Forest	DAS Kalisari	Luas Area (ha)	Persentase (%)
1	Hutan	410	1012	1422	28%
2	Lahan Kosong	36	301	337	7%
3	Pemukiman	2	722	724	14%
4	Sawah	0	109	109	2%
5	Tegalan	70	2483	2553	50%
Total				5145	100%

Sedangkan peta sebaran penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini :



Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2001

Pada peta tersebut warna hijau menunjukkan lahan hutan, warna coklat menunjukkan lahan kosong, warna merah menunjukkan lahan pemukiman, warna biru menunjukkan lahan sawah dan warna kuning menunjukkan lahan tegalan. Berdasarkan peta penggunaan lahan di dapatkan hasil bahwa penggunaan lahan terbesar yaitu penggunaan lahan tegalan sekitar 50% yaitu mencapai 2553 ha dari luas total lahan pada tahun 2001. Sedangkan total luas area hutan mencapai 28% atau seluas 1422 ha. Luas area lahan kosong mencapai 337 ha. Pemukiman memiliki luas area 724 ha. Sedangkan luas area sawah hanya mencapai 109 ha.

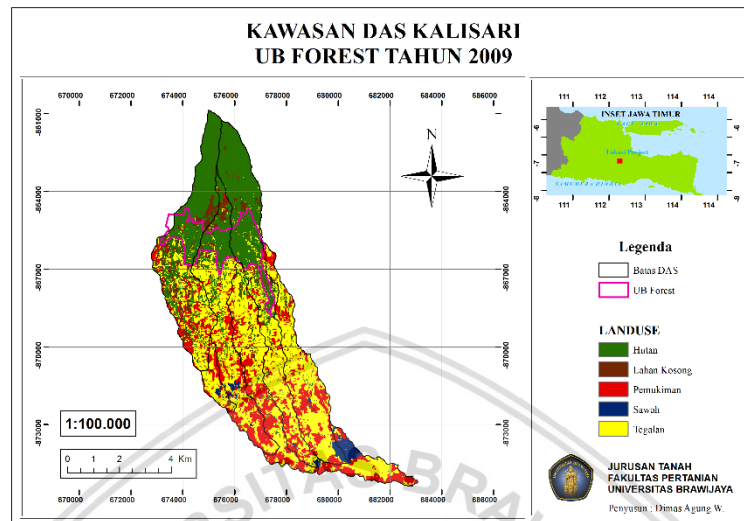
4.1.3 Penggunaan Lahan Tahun 2009

Hasil dari interpretasi citra landsat tahun 2009 di daerah UB Forest, DAS Kalisari didapatkan data mengenai luasan dari masing – masing kelas penggunaan lahan disajikan pada Tabel 7. Berikut ini :

Tabel 7. Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 2009

No	Jenis Penggunaan Lahan	UB Forest	DAS Kalisari	Luas Area (ha)	Persentase (%)
1	Hutan	458	1137	1596	31%
2	Lahan Kosong	18	328	346	7%
3	Pemukiman	4	1054	1059	21%
4	Sawah	0	114	114	2%
5	Tegalan	37	1993	2030	39%
Total				5145	100%

Sedangkan peta sebaran penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini :



Gambar 6. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2009

Pada peta tersebut warna hijau menunjukkan lahan hutan, warna coklat menunjukkan lahan kosong, warna merah menunjukkan lahan pemukiman, warna biru menunjukkan lahan sawah dan warna kuning menunjukkan lahan tegalan. Berdasarkan peta penggunaan lahan di dapatkan hasil dari luas lahan tahun 2009 yaitu total luas area hutan mencapai 1596 ha atau sebesar 31%. Luas area lahan kosong mencapai 346 ha atau sebesar 7%. Pemukiman memiliki luas area 1059 ha atau sebesar 21%. Sedangkan luas area sawah hanya mencapai 114 ha atau sebesar 2% dan tegalan menempati luas area terbesar yaitu mencapai 39% atau seluas 1596 ha.

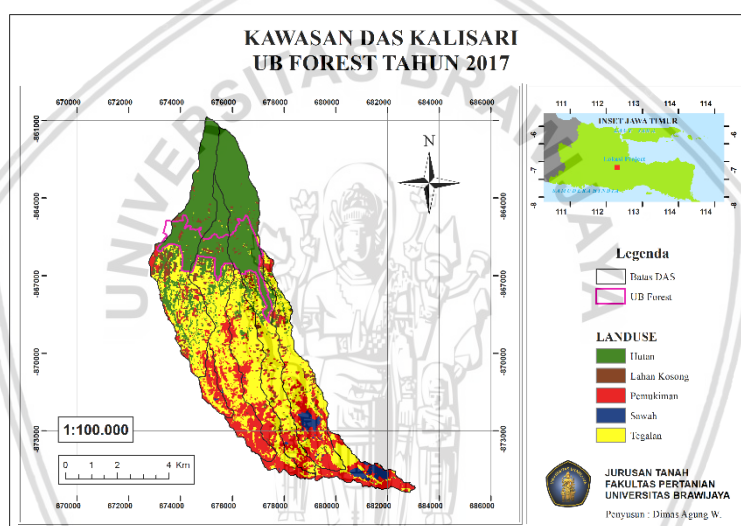
4.1.4 Penggunaan Lahan Tahun 2017

Hasil dari interpretasi citra landsat tahun 2017 di daerah UB *Forest*, DAS Kalisari didapatkan data mengenai luasan dari masing – masing kelas penggunaan lahan disajikan pada Tabel 8. Berikut ini :

Tabel 8. Hasil Luas Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 2017

No	Jenis Penggunaan Lahan	UB Forest	DAS Kalisari	Luas Area (ha)	Persentase (%)
1	Hutan	482	1195	1677	33%
2	Lahan Kosong	25	255	280	5%
3	Pemukiman	2	1116	1118	22%
4	Sawah	0	96	96	2%
5	Tegalan	8	1965	1974	38%
Total Luas Wilayah				5145	100%

Sedangkan peta sebaran penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini :

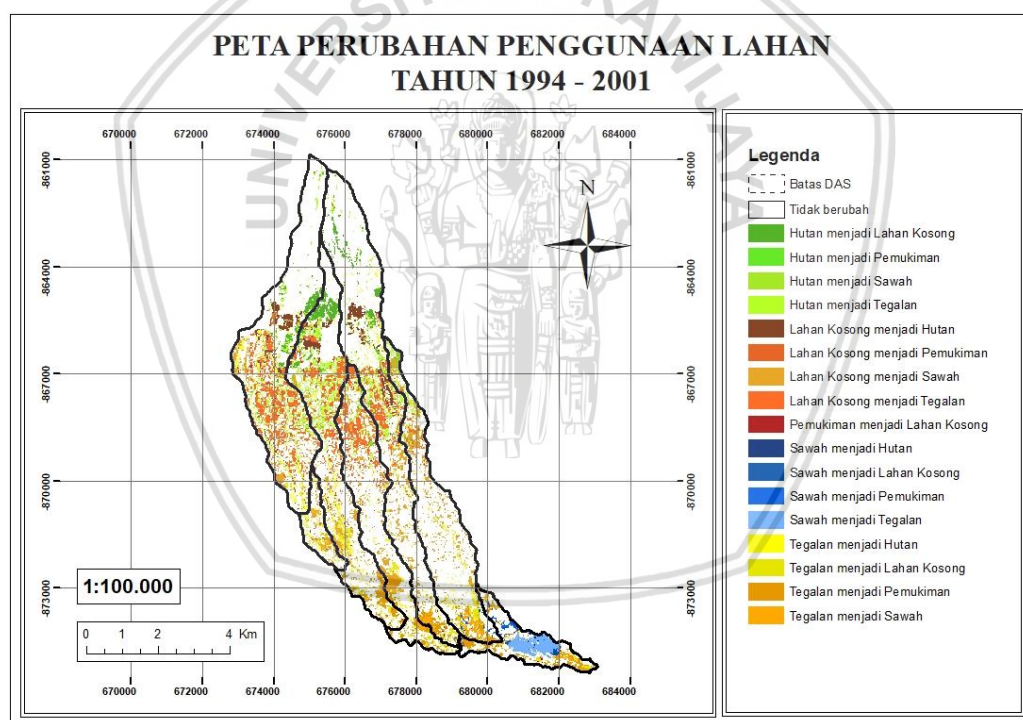


Gambar 7. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2017

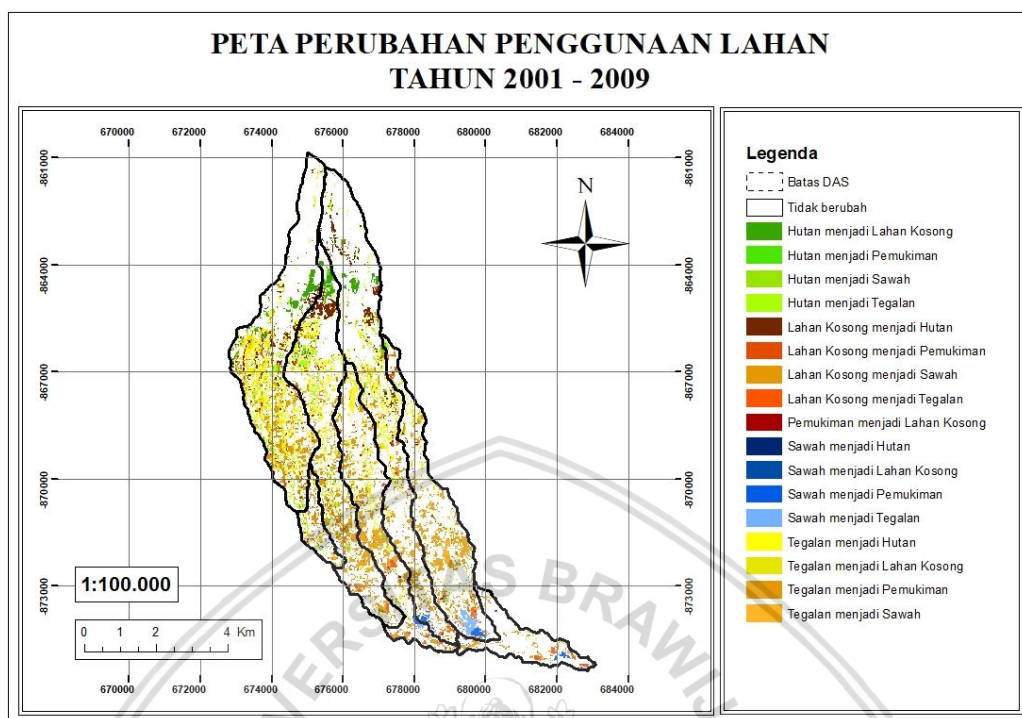
Pada peta tersebut warna hijau menunjukkan lahan hutan, warna coklat menunjukkan lahan kosong, warna merah menunjukkan lahan pemukiman, warna biru menunjukkan lahan sawah dan warna kuning menunjukkan lahan tegalan. Berdasarkan peta penggunaan lahan di dapatkan hasil dari luas lahan tahun 2017 yaitu total luas area hutan mencapai angka 33% atau seluas 1677 ha. Luas area lahan kosong mencapai 280 ha atau sekitar 5%. Pemukiman memiliki luas area sebesar 1118 ha atau 22% dari total keseluruhan. Sedangkan luas area sawah hanya mencapai 96 ha atau sebanyak 2% dan tegalan menempati luas area terbesar yaitu mencapai 1974 ha atau sebesar 38% dari total luas keseluruhan.

4.2 Perubahan Penggunaan Lahan

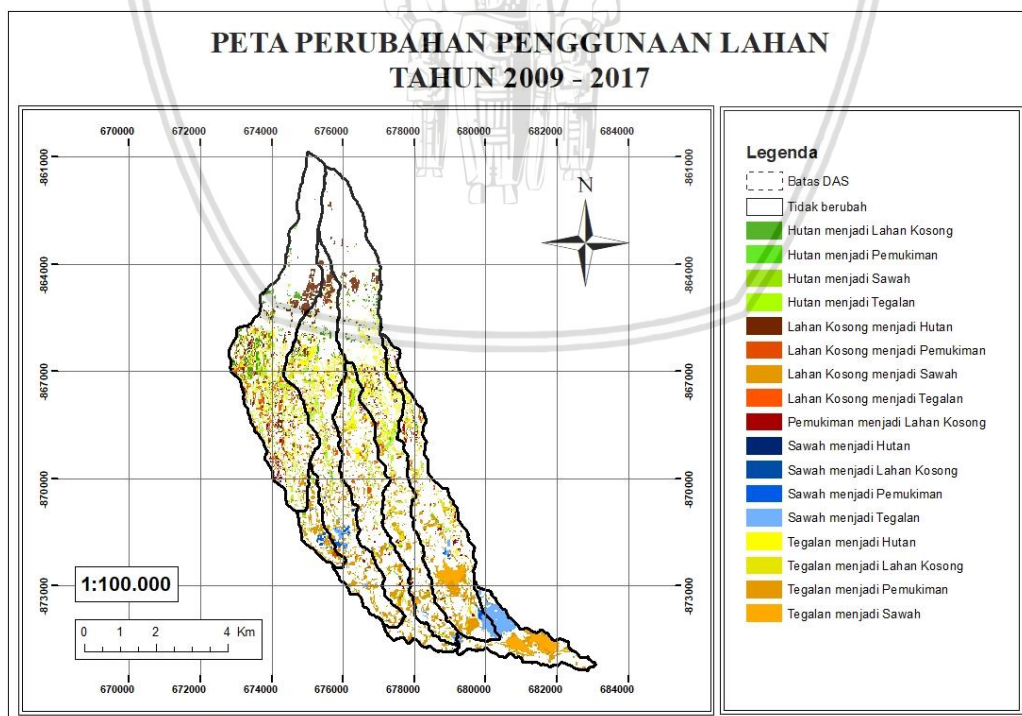
Hasil identifikasi perubahan penggunaan lahan di UB *Forest*, DAS Kalisari berdasarkan citra landsat pada tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 dengan menggunakan tools combine terbentuk 20 kelas perubahan penggunaan lahan dari 5 kelas utama. Warna putih menunjukkan tidak adanya perubahan penggunaan lahan, warna hijau menunjukkan perubahan lahan hutan menjadi lahan lain, warna coklat tua menunjukkan perubahan lahan kosong menjadi lahan lain, warna merah menunjukkan perubahan lahan pemukiman menjadi lahan lain, warna biru menunjukkan perubahan lahan sawah menjadi lahan lain dan warna kuning menunjukkan perubahan lahan tegalan menjadi lahan lain. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 8. Peta Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kalisari 1994-2001



Gambar 9. Peta Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kalisari 2001-2009



Gambar 10. Peta Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kalisari 2009-2017

Sedangkan untuk tabel perbandingan penggunaan lahan pada citra tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini :

Tabel 9. Penggunaan Lahan Pada Citra Tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017

No	Penggunaan Lahan	Tahun 1994 (ha) (%)	Tahun 2001 (ha) (%)	Tahun 2009 (ha) (%)	Tahun 2017 (ha) (%)
1	Hutan	1567 (30%)	1422 (28%)	1596 (31%)	1677 (33%)
2	Lahan Kosong	597 (12%)	337 (7%)	346 (7%)	280 (5%)
3	Pemukiman	219 (4%)	724 (14%)	1059 (21%)	1118 (22%)
4	Sawah	152 (3%)	109 (2%)	114 (2%)	96 (2%)
5	Tegalan	2610 (51%)	2553 (50%)	2030 (39%)	1974 (38%)
	Total Luas	5145 (100%)	5145 (100%)	5145 (100%)	5145 (100%)

Dari hasil interpretasi citra tahun 1994, 2001, 2009 dan 2017 luas area hutan yang teridentifikasi sebesar 1567 ha atau 30% pada tahun 1994 mengalami penurunan luas lahan menjadi 1422 ha atau 28%, pada tahun 2009 luas lahan mengalami kenaikan menjadi 1596 ha atau 31% dan sedikit mengalami kenaikan luas lahan pada tahun 2017 menjadi 1677 ha atau 33%.

Penggunaan lahan kosong yang teridentifikasi di DAS Kalisari pada tahun 1994 seluas 597 ha atau sekitar 12% dan pada tahun 2001 terjadi penurunan yang sangat drastis sehingga menjadi 337 ha atau sekitar 7% dan pada tahun 2009 terjadi peningkatan yang signifikan yaitu 346 ha dan tetap berada pada angka 7% dari total luas, sedangkan pada tahun 2017 lahan kosong semakin sempit menjadi 280 ha atau hanya 5% saja.

Pada penggunaan lahan pemukiman yang teridentifikasi terjadi peningkatan dari tahun ke tahunnya, pada tahun 1994 luas lahan pemukiman sekitar 219 ha atau 4% menjadi 724 ha pada tahun 2001 atau 14% dan meningkat lagi pada tahun 2009 menjadi 1059 ha atau 21% dan pada tahun 2017 mengalami sedikit peningkatan luas pemukiman menjadi 1118 ha atau 22%.

Pada lahan sawah jika dilihat dari tahun ke tahun, tidak terlalu banyak berubah, pada tahun 1994 luas lahan sawah yaitu 152 ha atau 3% lalu pada tahun 2001 menjadi 109 ha atau 2% lalu pada tahun 2009 terjadi kenaikan sedikit luas lahan bertambah 5 ha menjadi 114 ha dan tetap 2%. Sedangkan pada tahun 2017

lahan sawah mengalami sedikit penurunan luas menjadi 96 ha dan tetap pada angka 2% dari total keseluruhan.

Dan yang terakhir yaitu penggunaan lahan tegalan pada tahun 1994 dengan luas 2610 ha atau 51% dan pada tahun 2001 mengalami sedikit penurunan luas lahan sehingga menjadi 2553 ha atau 50%, lalu pada tahun 2009 terjadi penurunan luas lahan menjadi 2030 ha atau 39% dan terus menurun pada tahun 2017 menjadi 1974 ha atau sekitar 38%.

Berdasarkan hasil interpretasi data penggunaan lahan pada gambar menunjukkan bahwa luas penggunaan lahan hutan mengalami sedikit peningkatan luas, pada tahun 1994 lahan hutan memiliki luas 30% dan pada tahun 2017 menjadi 33%. Hal tersebut terjadi karena pada tahun 2003 pemerintah melakukan program Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (Gerhan) yaitu program untuk merehabilitasi lahan dan hutan yang rusak meliputi areal seluas 300 ribu hektar yang tersebar di 21 DAS kritis di Indonesia. Berdasarkan program pemerintah tersebut mengakibatkan adanya peningkatan lahan hutan pada DAS Kalisari pada tahun 2001 yang memiliki luas awal 1422 ha atau 28% dan meningkat pada tahun 2009 menjadi 1596 ha atau 31% dan meningkat lagi pada tahun 2017 menjadi 1677 atau 33%. Sedangkan pada tahun 1994, luas lahan kosong sangat tinggi pada tahun 1994 sekitar 12% dan terus menurun pada tahun 2017 sekitar 5% dari total luas keseluruhan. Pada lahan tegalan juga terjadi penurunan luas lahan, pada tahun 1994 sekitar 51% menjadi 38% pada tahun 2017.

Tabel 10. Jumlah Penduduk Kota Malang

Tahun	1995	2001	2009	2017
Jumlah	762.150	764.684	820.857	861.414

(BPS Malang, 2015)

Sedangkan peningkatan pemukiman dari tahun ke tahun dapat terjadi karena semakin tingginya penduduk. Dapat dilihat pada Tabel 10 diatas, jumlah penduduk di kota malang pada tahun 1995 berjumlah 762.150, pada tahun 2001 jumlah penduduk bertambah menjadi 764.684, lalu bertambah lagi menjadi 820.857 pada tahun 2009 dan bertambah menjadi 861.414 pada tahun 2017.

Perubahan luas lahan pemukiman dari tahun ke tahun semakin meningkat yang mengakibatkan alih perubahan penggunaan lahan lain menjadi lahan pemukiman. Lahan menurut Bintarto (1977), lahan dapat diartikan sebagai *land settlement* yaitu suatu tempat atau daerah dimana penduduk berkumpul dan hidup bersama, dimana mereka dapat menggunakan lingkungan setempat untuk mempertahankan, melangsungkan dan mengembangkan hidupnya. Hal tersebut membuktikan bahwa setiap makhluk hidup pasti membutuhkan lahan untuk tumbuh dan berkembang, berbagai aktivitas manusia di dalam ruang bumi ini tidak lepas dari fungsi lahan yang berbeda-beda dalam penggunaan lahan. Penggunaan lahan adalah segala campur tangan manusia, baik secara menetap ataupun berpindah-pindah terhadap suatu kelompok sumberdaya alam dan sumberdaya buatan, yang secara keseluruhan disebut lahan, dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan baik material maupun spiritual, ataupun kebutuhan kedua-duanya (Su Ritohardoyo, 2002), yang berarti perubahan luas penggunaan lahan dari tahun 1994 hingga tahun 2017 terjadi peningkatan sebesar 358% dari luas awal lahan pemukiman pada tahun 1994 yaitu 312 ha menjadi 1118 ha.

Konsekuensi perkembangan kota adalah semakin meningkatnya kebutuhan lahan/ruang untuk memwadahinya meningkatnya berbagai kegiatan di perkotaan/pedesaan sehingga mempengaruhi perkembangan daerah, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Malingreau (1978) yaitu penambahan jumlah penduduk kota berarti juga peningkatan kebutuhan lahan. Karena lahan tidak dapat bertambah, maka yang terjadi adalah perubahan penggunaan lahan yang cenderung menurunkan proporsi lahan-lahan yang sebelumnya merupakan penggunaan lahan pertanian menjadi lahan non pertanian. Lahan merupakan salah satu komponen pokok pembangunan fisik di wilayah perkotaan yang sedianya makin terbatas, seiring dengan kebutuhan lahan yang terus meningkat. Oleh karena itu, maka aspek lahan menjadi sangat penting, karena semakin tingginya permintaan lahan sementara penyediaan relative tetap, sehingga hal tersebut memaksa alih guna lahan lain menjadi lahan pemukiman (Karyoedi, 1993).

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh, pada daerah UB *Forest*, DAS Kalisari telah mengalami perubahan penggunaan lahan selama kurun waktu 23 tahun (1994 - 2017). Jika diamati pada tiap penggunaan lahan banyak mengalami fluktuasi kenaikan dan penurunan yang cukup tinggi. Hal tersebut dapat dilihat pada penggunaan lahan pemukiman pada tahun 1994 dengan luas 219 ha dan terus meningkat pada tahun 2017 menjadi 1118 ha, sehingga penggunaan lahan pemukiman dari tahun 1994 hingga tahun 2017 terjadi peningkatan sebesar 511%.

Untuk mengetahui tingkat keakuratan peta yang telah dibuat maka perlu dilakukan validasi keakuratan sebuah peta. Pada penelitian ini didapatkan hasil uji akurasi (*overall accuracy*) sebesar 92% sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat keakuratan peta dengan penginderaan jauh (*remote sensing*) dengan kondisi aktual menunjukkan hasil yang sangat mendekati nyata. Maka dari itu penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk melakukan analisis perubahan, sehingga dapat mengurangi biaya yang diperlukan untuk survei secara langsung.

5.2 Saran

Analisis penggunaan lahan perlu dilakukan secara periodik untuk membantu dalam rencana tata ruang wilayah yang lebih bijak dan pengelolaan DAS yang bertujuan untuk menjaga kelestarian alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Malang, 2015. *Penduduk Kota Malang*. Malang : Badan Pusat Statistik.
- Bappenas RI. 1994. *Repelita VI Tahun 1994/95 – 1998/99 Buku V*. Indonesia.
- Bintarto. 1977. *Pola Kota dan Permasalahan Komprehensif: Pengantar dan Penjelasan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Campbell J.B, Wynne R.H. 2011. *Introduction to Remote Sensing (5th Ed.)*. NewYork. The Guilford Press
- Chapin, Jr, F. Stuart and Edward Kaiser. 1995. *Urban Land Use and Planning. Fourth Edition*. Illinois: University of Illinois Press.
- FAO. 1990. *Community Forestry. Herder's Decision-making in Natural Resources Management in Arid and Semi-arid Africa*. Rome. Italia.
- Foody GM, Campbell NA, Trodd NM, Wood TF.1992. *Derivation and applications of probabilistic measures of class membership from the maximum-likelihood classification*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 58: 1335-1341.
- Foody, G.M., 2002. *Status of land cover classification accuracy assesment*. *Remote Sensing & Environment*, 80, pp. 185–201.
- Haque, M.I. and Basak, R., 2017. *Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on TanguarHaor, Sunamganj, Bangladesh*. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.
- Jaya INS. 2010. *Analisis Citra Digital Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Jia K, Xiangqin W, Xingfa G, Yunjun Y, Xianhong X, Bin L. 2014. *Land cover classification using Landsat 8 Operational Land Imager data in Beijing, China*. *Geocarto International*. 29:941-951.
- K, Perumal. and R, Bhaskaran. 2010. *Supervised Classification Performance Of Multispectral Images*. India. *Journal Of Computing*, Volume 2, Issue 2
- Karyoedi, M. 1993. *Pengembangan Kota Baru di Indonesia*, Departemen Teknik Planologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Landis, J.R., G.G.Koch, 1977. *The Measurement of observer agreement for categorical data*. *Biometrics* 33(1), pp. 159-174.
- Lestari, T. 2009. *Dampak Konversi Lahan Pertanian Bagi Taraf Hidup Petani*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

- Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., dan Wu, C. 2014. *A Review of Remote Sensing Image Classification Techniques: the Role of Spatio-contextual Information*. European Journal of Remote Sensing - 2014, 47: 389-411
- Lillesand, T.M., dan kiefer, R.W., 1997, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Terjemahan)*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Malingreau, J.P., 1978, *Penggunaan Lahan Pedesaan Penafsiran Citra Untuk Inventarisasi dan Analisisnya*, PUSPICS-Fakultas Geografi UGM:Yogyakarta
- Munibah, Khursatul. 2008. *Model Spasial Perubahan Pernggunaan Lahan dan Arahannya Penggunaan Lahan Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus DAS Cidanau, Provinsi Banten)*. Disertasi. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Musthapa, M. R., Lim, H. S., dan Mat Jafri, M. Z., 2010. *Comparison of Neural Network and Maximum Likelihood Approaches in Image Classification*. Jurnal of Applied Science 10(22): 2847-2854
- Nawir, A.A., Murniati, L. Rumboko. 2008. *Rehabilitasi hutan di Indonesia : Akan kemanakah arahnya setelah lebih dari tiga dasawarsa?*. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Notohadiprawiro, T. 1991. *Kemampuan dan Kesesuaian Lahan: Pengertian dan Penetapannya*. Lokakarya Neraca Sumberdaya Alam Nasional. DRN Kelompok II. Bogor: Bakosurtanal.
- Peraturan Kementerian Kehutanan. 1999. *Undang Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan*, Kantor Menteri Negara Sekretaris Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Ramankutty, C.G. and S. Sugunan. 2001. *Surface properties and catalytic activity of ferrosin of Nickel, Cobalt, and Copper, prepared by soft chemical methods*. Appl. Catal. A 218, 39-51.
- Rawat, J.S. & Kumar, M. 2015. *Monitoring landuse/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India*. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 18(1): 77-84
- Riswanto E. 2009. *Evaluasi akurasi klasifikasi penutupan lahan menggunakan citra Alos Palsar resolusi rendah, Studi kasus di Pulau Kalimantan [Skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sandewall MB, Ohlsson B, Sawathvong S. 2001. *Assessment of historical landuse changes for purposes of strategic planning: a case Study in Laos*. Ambio. 30:55-60.
- Senoaji G. 2010. *Studi Kesesuaian Lahan Untuk Penentuan Kawasan Lindung Konak Kabupaten Kepahiang Propinsi Bengkulu*. Jurnal Kehutanan. Universitas Bengkulu.

- Soenarmono, Sri Hartati. 2009. *Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografis Untuk Bidang Ilmu Kebumihan*. Bandung : ITB
- Suginingsih. 2008. *Bahan Ajar Silvika*. Buku. UGM. Yogyakarta. 136 p
- Syakur AR., Suarna IW., Adnyana S., Laksmiwati IAA., Diara IW. 2008. *Studi Perubahan Penggunaan Lahandi DAS Badung*. Jurnal: Universitas Udayana.
- Wahyunto, 2001, *Studi Perubahan Lahan di Sub Das Citarik, Jawa Barat dan Kali Garang Jawa Tengah*. Prosiding Seminar Nasional Multif

